EL 3 Endpenthode

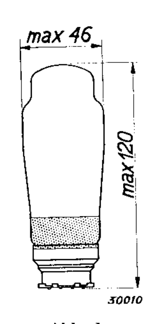
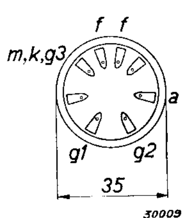


Abb. 1
Abmessungen in mm.

Die EL 3 ist eine indirekt geheizte 9-Watt-Endpenthode mit großer Steilheit, die durch äußerst sorgfältige Konstruktion imstande ist, bei 10% Verzerrung eine Ausgangsleistung von 4,5 Watt (Wirkungsgrad 50%) abzugeben. Sie hat eine Steilheit von 9 mA/V und ist zur Verwendung in Empfängern mit niederfrequenter Gegenkopplung sehr geeignet. Ihr Gitterwechselspannungsbedarf beträgt bei 4,5 Watt Ausgangsleistung nur 4,2 Volt. In Gegentaktstufen ermöglicht diese Röhre bei $V_a = V_{g2} = 250$ Volt eine Ausgangsleistung von 8,2 Watt bei einem Klirrfaktor von 3,1% und einem Gitterwechselspannungsbedarf von nur 6,7 Volt (pro Hälfte der Sekundärwicklung des Steuertransformators). Bei einer Schirmgitterspannung von 265 Volt und einer Anodenspannung von 250 Volt, wobei ein Spannungsabfall im Ausgangstransformator von 15 Volt berücksichtigt wird, wird eine Ausgangsleistung von 9 Watt erzielt, bei 6,8% Verzerrung und einem Gitterwechselspannungsbedarf von 5,6 Volt (Effektivwert).
Durch die besondere Form der Kathode wird die große Steilheit dieser Röhre bei einer verhältnismäßig niedrigen Heizleistung erzielt. Bei 6,3 Volt Heizspannung beträgt der Heizstrom nur 0,9 Ampere.



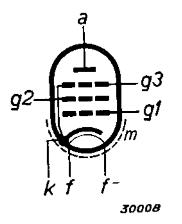


Abb. 2
Elektrodenanordnung und Sockelanschlüsse.

HEIZDATEN

Heizung: indirekt durch Wechselstrom, Parallelspeisung.

Heizspannung	V_f	= 6,3 V
Heizstrom	I_f	= 0,9 A

KAPAZITÄTEN

Grenzwert der Gitter-Anodenkapazität . . C_{ag1} = max. 0,8 μμF

BETRIEBSDATEN ALS EINFACHER ENDVERSTÄRKER (1 RÖHRE)

Anodenspannung	V_a	= 250 V
Schirmgitterspannung	V_{g2}	= 250 V
Neg. Gittervorspannung	V_{g1}	= —6 V
Kathodenwiderstand	R_k	= 150 Ω
Anodenstrom	I_a	= 36 mA
Schirmgitterstrom	I_{g2}	= 4 mA
Steilheit	S	= 9 mA/V
Innenwiderstand	R_i	= 50.000 Ω
Günstigster Anpassungswiderstand	R_a	= 7.000 Ω
Ausgangsleistung bei 10% Verzerrung	$W_{o(10\%)}$	= 4,5 W
Gitterwechselspannungsbedarf für W_o = 4,5 W	V_i	= 4,2 V
Empfindlichkeit	$V_{i(50mW)}$	= 0,33 V(eff)
Verstärkungsfaktor von Gitter 2 in Bezug auf Gitter 1	μ_{g2g1}	= 23

BETRIEBSDATEN ALS GEGENTAKT-ENDVERSTÄRKER (2 RÖHREN)

(automatische Vorspannung)

Anodenspannung	V_a	= 250 V	250 V
Schirmgitterspannung	V_{g2}	= 250 V	265 V
Kathodenwiderstand	R_k	= 140 Ω	190 Ω [1]
Anodenruhestrom	I_{ao}	= 2×24 mA	2×31 mA
Anodenstrom bei voller Aussteuerung	$I_{a\,max}$	= 2×28,5 mA	2×34 mA
Schirmgitterruhestrom	I_{g2o}	= 2×2,8 mA	2×3,6 mA
Schirmgitterstrom bei voller Aussteuerung	$I_{g2\,max}$	= 2×4,6 mA	2×5,8 mA
Günstigster Anpassungswiderstand zwischen den beiden Anoden	R_a	= 10.000 Ω	10.000 Ω
Max. Ausgangsleistung	W_o	= 8,2 W	9 W
Verzerrung bei max. Ausgangsleistung	d_{tot}	= 3,1 %	6,8 %
Gitterwechselspannungsbedarf pro Gitter	V_i	= 6,7 $V_{(eff)}$	5,6 $V_{(eff)}$

[1]) Je Röhre ein besonderer Kathodenwiderstand.

BETRIEBSDATEN ALS TRIODE (GITTER 2 AN ANODE)

Anodenspannung	V_a	= 250 V
Gittervorspannung	V_{g1}	= —8,5 V
Kathodenwiderstand	R_k	= 425 Ω
Anodenstrom	I_a	= 20 mA
Verstärkungsfaktor	μ	= 20
Steilheit	S	= 6,5 mA/V
Innenwiderstand	R_i	= 3000 Ω
Günstigster Anpassungswiderstand	R_a	= 7000 Ω
Ausgangsleistung bei 5 % Verzerrung	W_o	= 1,1 W
Gitterwechselspannungsbedarf bei W_o = 1,1 W	V_i	= 5,9 $V_{(eff)}$
Empfindlichkeit	$V_{i(50mW)}$	= 1,1 $V_{(eff)}$

GRENZDATEN

Max. Anodenkaltspannung	V_{ao}	= max. 550 V
Max. Anodenspannung	V_a	= max. 250 V
Max. Anodendauerbelastung	W_a	= max. 9 W
Max. Schirmgitterkaltspannung	V_{g2o}	= max. 550 V
Max. Schirmgitterspannung	V_{g2}	= max. 275 V
Max. Schirmgitterdauerbelastung im ungesteuerten Zustand	W_{g2}	= max. 1,2 W
Max. Schirmgitterdauerbelastung bei voller Aussteuerung	W_{g2}	= max. 2,5 W
Max. Kathodenstrom	I_k	= max. 55 mA
Grenzwert des Gitterstromeinsatzpunktes	V_{g1} (I_{g1} = 0,3 μA)	= max. —1,3 V
Max. Widerstand zwischen Gitter und Kathode	R_{g1k}	= max. 1 MΩ
Max. Widerstand zwischen Heizfaden und Kathode	R_{fk}	= 5000 Ω
Max. Spannung zwischen Heizfaden und Kathode (Gleichspannung oder Effektivwert der Wechselspannung)	V_{fk}	= max. 50 V

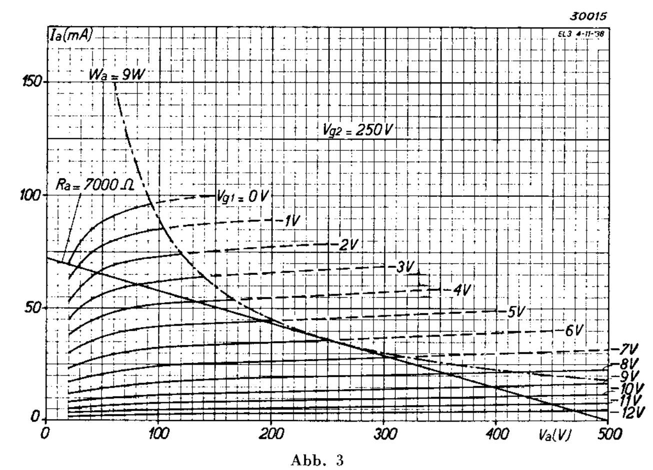


Abb. 3
Anodenstrom als Funktion der Anodenspannung bei verschiedenen negativen Gitterspannungen und bei Vg_2 = 250 V.

Da im allgemeinen über den Ausgangstransformator ein Spannungsabfall entsteht, soll die Speisespannung dementsprechend höher gewählt werden, um aus der Röhre die volle Leistung herauszuholen. Das Schirmgitter wird durchweg direkt von der Speiseleitung aus gespeist, so daß dann eine höhere Schirmgitterspannung zugelassen werden muß, damit der Anode die richtige Spannung von 250 Volt zugeführt wird. Deswegen wurde die maximale Schirmgitterspannung (siehe unter Grenzdaten) auf 275 Volt festgesetzt. Abb. 7 stellt einige wichtige Daten der EL 3 in Abhängigkeit von der Schirmgitterspannung in einem Bereiche von 250 bis 275 Volt dar, wenn die Anodenspannung 250 Volt beträgt. Für jeden Spannungsabfall im Ausgangstransformator zwischen 0 und 25 Volt sind also diesem Kurvenblatt die wichtigsten Daten zu entnehmen.

Abb. 8 stellt noch einige Betriebswerte der EL 3 dar für den Fall, daß im Gerät nicht die erforderliche Betriebsspannung vorhanden ist, und zwar als Funktion der Schirmgitterspannung, wobei die Anodenspannung um 15 Volt niedriger als die Schirmgitterspannung ist. Dieses Kurvenblatt wurde auf Grund eines mittleren Spannungsabfalles von 15 Volt über dem Ausgangstransformator aufgestellt.

Die negative Gitterspannung darf nur durch einen Kathodenwiderstand (automatische Vorspannung) erzeugt werden. Eine halbautomatische Vorspannung ist zulässig, wenn der Kathodenstrom der EL 3 mehr als 50 % von dem durch den spannungserzeugenden Widerstand fließenden Gesamtstrom beträgt. Der maximale unter Grenzdaten angegebene Gitterableitwiderstand ist dann nach der Formel (Kathodenstrom der Endröhre/Gesamtstrom durch den Widerstand zur Erzeugung des Spannungsabfalles) × R_{glk} zu erniedrigen. In dem Falle muß noch berücksichtigt werden, daß der Strom der geregelten Röhren die negative Gitterspannung der Endröhre beeinflußt, so daß beim Herunterregeln die negative Gittervorspannung leicht zu niedrig und mithin der Anodenstrom der Endröhre zu hoch wird.

Bei der Schaltung ist die große Steilheit dieser Röhre zu beachten, die zu hochfrequenten Rückkopplungen und Selbstschwingen Anlaß geben kann. Die Leitungen zu den Elektroden sind möglichst kurz zu halten. Die Einschaltung eines Widerstandes von beispielsweise 1000 Ohm in die Steuergitterleitung und von 100 Ohm in die Schirmgitterleitung ist erforderlich.

Bei der Verwendung dieser Röhre in Gegentaktstufen ist noch zu berücksichtigen, daß, wenn der Anodenruhestrom pro Röhre höher als 25 mA ist, für jede Röhre ein besonderer Kathodenwiderstand verwendet werden muß. Infolge von Streuungen in den Anodenströmen könnte es nämlich vorkommen, daß eine Röhre mit verhältnismäßig hohem Strom durch eine andere Röhre mit zu geringem Strom eine zu niedrige Vorspannung erhält und daher überlastet wird. Diese Maßnahme empfiehlt sich überall, wo man vermeiden möchte, daß das Herausziehen einer Röhre zur Zerstörung der anderen Röhre führt.

Die Daten für die Verwendung als Triode sollen über das Verhalten der Röhre als Vorverstärker von Gegentaktendstufen Aufschluß geben. Um Selbstschwingungen zu vermeiden, wird empfohlen, das Schirmgitter nicht direkt mit der Anode zu verbinden, sondern über einen Widerstand von 100 Ohm, der nicht entkoppelt wird. Weiter werden dieselben Maßnahmen empfohlen wie bei der Penthodenschaltung, d.h. kurze Verbindungen.

Die Triodenschaltung kann auch für die Verwendung als Treiber von Gegentaktendstufen mit Gitterstrom dienen.

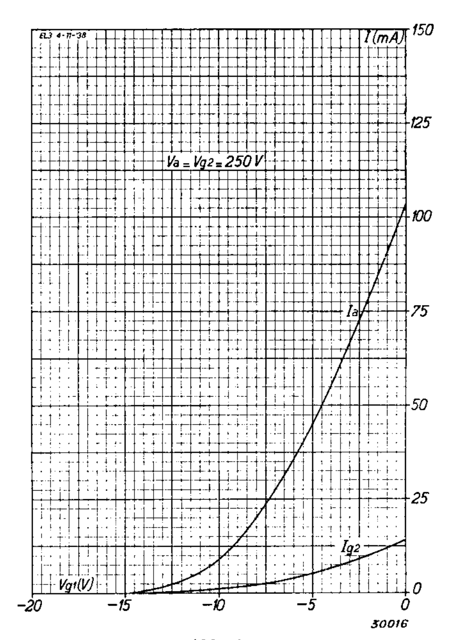


Abb. 4
Anodenstrom als Funktion der negativen Gitterspannung bei $Va = Vg_2 = 250$ V.

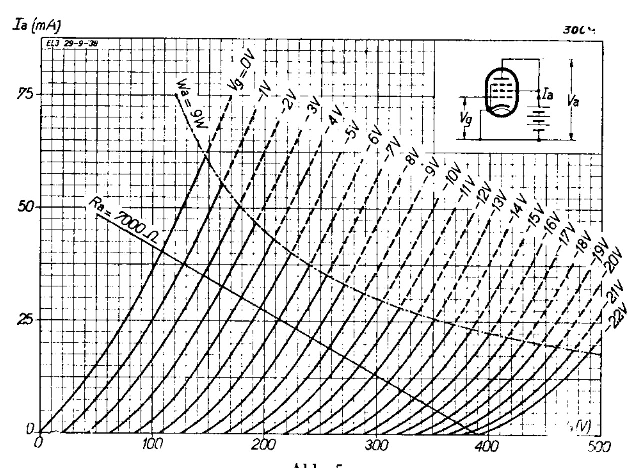


Abb. 5
Anoden- + Schirmgitterstrom als Funktion der Anodenspannung mit Vg_1 als Parameter bei Verwendung der EL 3 als Triode.

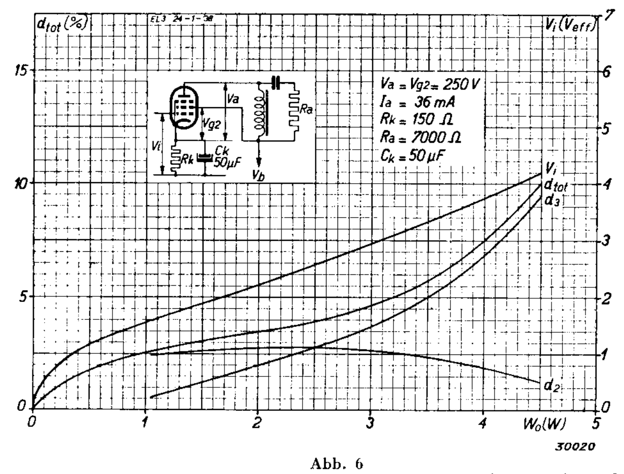


Abb. 6
Gesamtverzerrung, Verzerrung durch die 2. und 3. Harmonische und Gitterwechselspannungsbedarf bei Verwendung der EL 3 als einfache Endpenthode mit automatischer Vorspannung ($Va = Vg_2 = 250$ V).

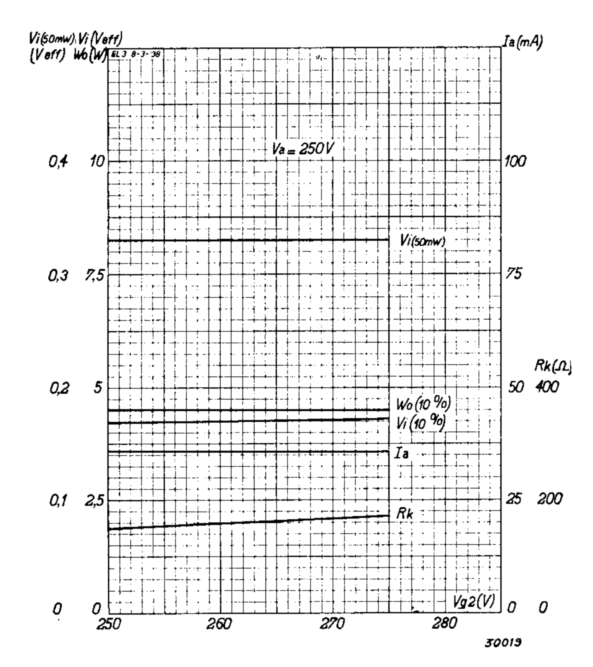
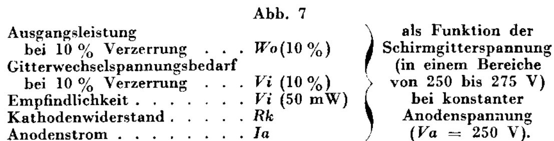


Abb. 7



Ausgangsleistung bei 10 % Verzerrung . . .	*Wo* (10 %)	als Funktion der Schirmgitterspannung (in einem Bereiche von 250 bis 275 V) bei konstanter Anodenspannung ($Va = 250$ V).
Gitterwechselspannungsbedarf bei 10 % Verzerrung . . .	*Vi* (10 %)	
Empfindlichkeit	*Vi* (50 mW)	
Kathodenwiderstand	*Rk*	
Anodenstrom	*Ia*	

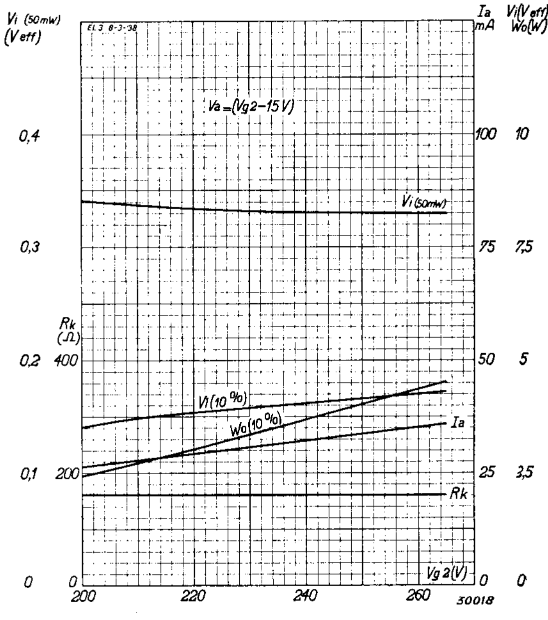


Abb. 8

Ausgangsleistung bei 10 % Verzerrung . . .	*Wo* (10 %)	als Funktion der Schirmgitterspannung (in einem Bereiche von 200 bis 265 V) bei einer gegen die Schirmgitterspannung um 15 Volt niedrigeren Anodenspannung
Gitterwechselspannungsbedarf bei 10 % Verzerrung . . .	*Vi* (10 %)	
Empfindlichkeit	*Vi* (50 mW)	
Kathodenwiderstand	*Rk*	
Anodenstrom	*Ia*	

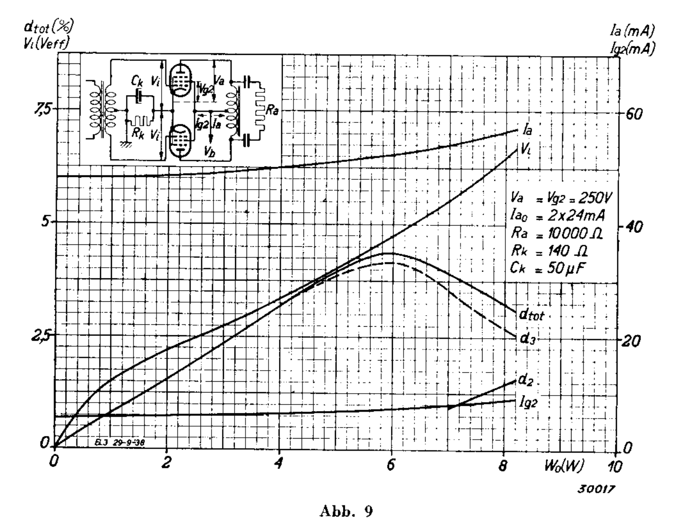


Abb. 9

Anodenstrom *Ia*, Schirmgitterstrom I_{g_2}, Gesamtverzerrung *d*tot, Verzerrung durch die 2. und 3. Harmonische und Gitterwechselspannungsbedarf *Vi* als Funktion der Ausgangsleistung *Wo* bei Verwendung von zwei Röhren EL 3 in Gegentakt mit $Va = Vg_2 = 250$ V.